

公立はこだて未来大学 2017 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2017 System Information Science Practice

Group Report

プロジェクト名

Fab da Vinci: カガクとアートをハックしよう！

Project Name

Fab da Vinci: Let' s Hack Science and Art!

グループ名

カガク班

Group Name

Kagaku Group 班

プロジェクト番号/Project No.

24

プロジェクトリーダー/Project Leader

1015114 久保めぐみ Megumi Kubo

グループリーダー/Group Leader

1015256 松本恵渚 Ena Matsumoto

グループメンバ/Group Member

1015256 松本恵渚 Ena Matsumoto

1015109 若本麻央 Mao Wakamoto

1015230 佐々木月 Runa Sasaki

指導教員

塚田浩二 美馬のゆり 角康之

Advisor

Koji Tsukada Noyuri Mima Yasuyuki Sumi

提出日

2018 年 1 月 19 日

Date of Submission

Jan. 19, 2018

概要

Fab 文化とは「自分たちの使うものを、生活者自身がつくる文化」である。その実現を目指す場の 1 つとして FabLab がある。昨年度 (2014-2016 年度) までのプロジェクト活動では「はこだてみらい館」に「FabLab Hakodate β 」の拠点を確保できた。しかし、現状では利用者が少ないため、今年度のプロジェクト活動では、Fab 文化を活性化させるための新しいコンテンツやカリキュラムを制作することとなった。そこで、本グループは「教育」の観点からコンテンツ・カリキュラムの制作を行うことにした。今年度の活動では学研の「ものづくり研究室」と協力し、ブロックの組み立てとプログラミングによってももの仕組みを理解するための教材を制作した。はじめに、既存の教材を体験し、教材の分析を行った。分析結果から装飾パーツやブロックの種類の数、制作物のモチーフの偏り、プログラミングの概念の難しさ、テキストの見づらさなどに着目し、これを課題とした。その解決方法として装飾パーツ・追加ブロックの設計やプログラムの理解を助ける新しいコンテンツの開発に取り組んだ。

キーワード FabLab, デジタル工作機器, Fab 文化

(*文責: 松本恵渚)

Abstract

Fab culture is "a culture that the consumers make themselves what they use." FabLab is one of the places for realizing that. In the project activities (2014 to 2016), we were able to build the base of "FabLab Hakodate β " in "Hakodate Miraikan". So, the purpose of this project is to create new contents and curriculums to stimulate Fab cultures. Therefore, in this group, we decided to create contents and curriculums from the point of view of education. This time, we cooperated with "Mononoshikumi-kenkyushitu" of Gakken and created teaching materials to learn how things work by programming and building block. First, we analyzed existing teaching materials. Next, we focused on little variety of decorative parts and blocks, deviation of motif and the difference in difficulty of the programming. As a way to solve it, we worked on the design of decorative parts and additional blocks and development of new content that helps to understand programming.

Keyword FabLab, Digital machine tool, Fab culture

(*Responsibility for wording: Ena Matumoto)

目次

1	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	従来例	1
1.4	従来の問題	2
1.5	課題	2
2	カガク班の概要	3
2.1	ものづくり研究室について	3
2.2	既存の教材の分析	3
2.3	課題	4
3	課題解決のプロセスと結果	6
3.1	装飾パーツの制作	6
3.2	カメレオンの制作	9
3.3	プログラムの考案	17
3.4	テキストの制作	18
4	まとめ	20
4.1	各メンバーの働き	20
4.2	まとめ	20
4.3	今後の課題	23
5	参考文献	24
6	付録	25
6.1	新規習得技術	25
6.2	活用した講義	25
6.3	制作したテキスト	25
6.4	相互評価	25

1 はじめに

1.1 背景

Fab 文化とは「自分たちの使うものを、生活者自身がつくる文化」である。その実現を目指す場の一つとして FabLab があり、日本には 16 か所、世界には 100 か国 1000 か所以上に広がっている。Fab 文化の発展を目指し、昨年度 (2014-2016 年度) までに「はこだてみらい館」に「FabLab Hakodate β 」の拠点を確保できた。我々はさらなる Fab 文化の発展のためには、この拠点で活用できる新しい魅力的な Fab コンテンツ・カリキュラムの構築が必要だと考えた。カガク班は初心者のためのコンテンツやカリキュラムが不足していることを課題とし、教育の観点から活動を行った。そこでカガク班では、ものの仕組みの理解を支援することを目指した教育コンテンツを提供する。教材の制作にあたっては、学研「ものしくみ研究室」と連携することで、専門家の制作した教材を分析し、Fab 技術を用いた拡張を試みる。

(*文責：佐々木月)

1.2 目的

本プロジェクトの目的は、魅力的なコンテンツ・カリキュラムを制作することである。さらに、教育やものづくりの専門家からのフィードバックを通じて品質を向上させる。最終的に、ワークショップやレシピ化を通して制作物を発信し、Fab 文化の発展を目指す。

(*文責：佐々木月)

1.3 従来例

2016 年度の Fablab 函館のプロジェクトでは、正式な FabLab としての活動を目指していた。FabLab の拠点としてキラリス函館の中にあるはこだてみらい館と連携して活動を行った。目標達成のために以下の活動を行った。

- ・機材の利用やワークショップの方法のマニュアル制作
- ・みらい館のニーズに合ったコンテンツの制作
- ・みらい館の運営とワークショップの開催

活動は運営班、システム班、コンテンツ班の 3 つに分かれ、1 つの活動に対しいずれかの 2 班が対応した。結果、以下のことを行うことができた。

- ・函館 3F みらい館での運営を実現し、マニュアル制作や基本的な体制づくりを行った
- ・制作過程を記録するシステムを FabLab Hakodate の市内運営の中で運用した
- ・FabLab Sendai FLAT との合同ワークショップで運営のノウハウを学んだ
- ・オリジナルコンテンツの制作過程を記録し、Web サイトにデータを共有した
- ・FabLab を訪れてくれた方のモノづくりの過程を記録することが出来た

(*文責：佐々木月)

1.4 従来の問題

プロジェクト開始時に昨年度までの FabLab プロジェクトにおいて、以下の問題点を抽出した。

- (1) 拠点は確保されたが、毎週金曜日の通常運営では 1 日当たり 4, 5 人しか来ていない現状がある。
- (2) 来館者の中で FabLab の存在をあらかじめ知っていた人はほとんど存在しなかった。
- (3) FabLab Hakodate β のメインとなるような作品または機材が存在しない。
- (4) 「Fab の特性」を生かしたものづくりが行われていない。
- (5) 制作物の表現の幅が狭い。
- (6) 特別な技術を必要とする。
- (7) 物を作る際に必要な知識が利用者に不足している。

(*文責：佐々木月)

1.5 課題

上記問題点を解決するため、カガク班、アート班、ハック班という 3 つの班に分かれて課題解決に取り組んだ。担当箇所は以下の通りである。

- 上記問題の (4) をアート班が担当する。
- 上記問題の (5), (6) をハック班が担当する。
- 上記問題の (7) をカガク班が担当する。
- また、それぞれの班の活動を通して上記問題の (1)~(3) を解決する。

以上より我々カガク班は、初心者のためのコンテンツやカリキュラムが不足していることを課題とし、課題解決のために教育の観点から活動を行うことに決定した。

(*文責：佐々木月)

2 カガク班の概要

2.1 もののしくみ研究室について

学研「もののしくみ研究室」とは全国の学研の教室で行われているロボットプログラミング講座で、プログラミングとブロックの組み立てからもののしくみを学ぶことを目的としている。小学校高学年から中学生を対象としており、3年間のプログラムとなっている。コースは Developer, Master, Innovator の3つに分かれており、制作物の難易度も上がっていくようになっている。教材の構成は以下の通りである。

- ・ものづくりメーカー協力のもと作成されたテキスト
- ・スタディーノ（マイコン基盤）
- ・ブロックパーツ
- ・ブロックプログラミング環境

コースの各回の制作物は身の回りのものを題材としている。当たり前にあるものを研究することによって関心・興味を持たせ、想像力を身につけさせるという狙いがある。1つの回での流れは以下の通りになっている。

- (1) テキストを読む
- (2) ブロックを組み立てる
- (3) プログラミングをして、組み立てたロボットを動かす
- (4)(1)～(3)を繰り返す



図1 もののしくみ研究室について
(引用：http://robot.gakken.jp/)

(*文責：佐々木月)

2.2 既存の教材の分析

まず既存の教材を Developer コースを9回分、Master コースを2回分体験し、分析を行った。その結果、以下の問題点が挙げられた。

- (1) ブロックの種類が少ない
- (2) ブロックを挿せる場所が限られておりうまく組み立てられない
- (3) 動物作成時の目のブロックが怖い
- (4) 女子的なものがなかった(男子が喜びそうなものばかりだった)
- (5) 変数や関数の概念を容易に理解するのが困難であった

- (6) プログラムの難しさに波があった
- (7) 教材の写真が見にくい

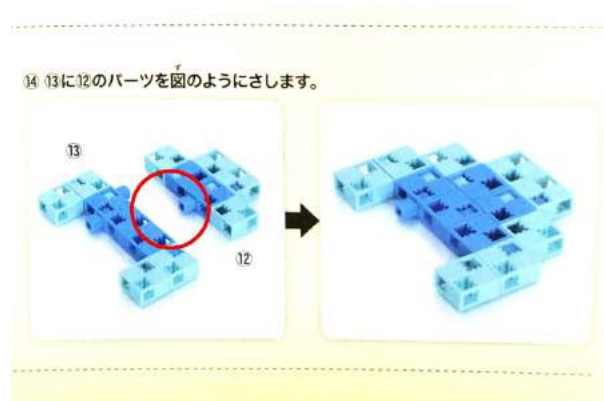


図2 ブロック組み立て時の教材の写真
(引用：学研のものづくり研究室 Developer コース)

(*文責：若本麻央)

2.3 課題

2.3.1 課題の抽出

2.2 で挙げた問題点の分類を行った。まず、(1)~(4) をブロックの問題とした。次に (5)~(6) をコンテンツの内容の問題とした。最後に (7) を教材の問題とした。ブロックの問題は「装飾パーツの少なさ」「制作物のモチーフの機械系への偏り」「ブロックの種類少なさ」の3点が大きな原因となり、「女子生徒が興味を持ちづらい」という問題が発生していると考えた。また、プログラミングの観点からは「回ごとのプログラミングの難易度の差」「難しい概念の理解」の2点に着目した。さらに教材の観点からは「ブロック組み立て時の教材の写真の見にくさ」に着目した。

(*文責：若本麻央)

2.3.2 課題解決方法

2.3.1 で述べた問題点を解決するため、Fab 技術を取り入れるという制約の下で具体策を考案した。その結果、以下の5つの具体策を課題として設定した。

- (1) 3D プリンタによる装飾パーツや追加ブロックの制作
- (2) 身近なものをテーマとする
- (3) 動物をモチーフにした制作物の考案
- (4) プログラム初心者でも変数や関数の概念が理解できるような教材やプログラムの考案
- (5) ブロック組み立て時に、見やすくわかりやすい教材の考案

現在のものづくり研究室では既存のブロックやパーツによって制作物の制約があることや、回ごとにプログラムの難易度に差があったことから以下の3点を目標とした。

- ・(1) によってものづくり研究室のカリキュラムの制作物の幅を広げること。
- ・(2)(3) によって男女関係なくどちらも興味を持つことができるようにすること。
- ・(4)(5) によってプログラミングの理解を助ける教材を考案すること。

以上の点から今回はテレビやディスプレイなどで使われており、身近であり、LED で実験すること

Fab da Vinci: Let' s Hack Science and Art!

ができる「光の混色」をテーマとすることにした。それに伴って生物である「カメレオン」を教材の制作物とすることにした。そしてその制作物を作るなかで、プログラミング初心者である子供たちが、「変数」という理解が難しい概念を「復習できるようなコンテンツ」の制作を試みることにした。また、ブロックの種類少なさと使い勝手の悪い部分の改善のために、新たなブロックの制作をするとともに、かわいらしい動物が作れるような「目のパーツ」を制作することにした。

(*文責：若本麻央)

3 課題解決のプロセスと結果

3.1 装飾パーツの制作

3.1.1 既存ブロックの出力

教材に含まれているブロックのパーツの色や形の少なさに着目した。教材には含まれていない色のブロックや、新たな形のブロックを制作することで、ブロックで組み立てるものの幅が広がるのではないかと考え、新たなブロックを制作することとなった。

まず初めに、新たなブロックを制作する際に基本となると考え、教材に含まれているブロックと同じ形のブロックを制作することにした。教材に含まれているブロックの中で、数が最も多いものであった高さ2マス×幅2マス×奥行1マスで他のブロックにさしこむ突起が1つついているブロックを制作した。

ブロックの制作方法として、以下の2つの手法が考えられた。一つ目は、レーザーカッターを使用してブロックを制作する手法である。レーザーカッターを使用する手法では、illustrator で制作したいパーツを輪切りにしたような図を制作し、MDF やアクリル板からレーザーカッターを用いてパーツを切り出し、パーツを張り合わせるという手順を踏む。2つ目の手法は3Dプリンタを使用する手法である。この手法では出力したいブロックの3Dモデルを制作し、そのデータを3Dプリンタで出力するという手順を踏む。レーザーカッターを使用する手法では、使用するMDF やアクリル板の厚さによってパーツ数の調整が必要となり手間がかかってしまうが、3Dプリンタを用いた手法ではデータの調整が不要ということから3Dプリンタを用いた手法でブロックを制作することとした。

3Dモデルを制作するソフトとして、「Fusion 360」と「Tinkercad」が候補に挙げられた。Fusion 360は角を丸めるなどといった細かいところまでモデリングをすることができるが、操作が難しく、我々が使用しているPCではスペック不足であった。今回ブロックを制作するにあたって、細かいモデリングなどは行わない予定であったので、簡単な操作かつWeb上でモデリングをすることができるTinkercadを使用することとした。

モデリングの前に、ブロックの各辺の長さや穴の大きさをノギスで計測した。その後、計測した値と同じ大きさで3Dモデルを制作し、3Dプリンタで出力した。出力した3Dモデルのデータは図3である。出力にかかった時間は15分程度であった。当初の予想では、実寸でモデルを制作したので既存のブロックと同じように組み立てができると思っていた。しかし、実際に出力されたものを見ると、樹脂が収縮したことによりブロックの2マス×2マスの面の穴の大きさが実寸サイズよりも小さくなり、ブロックの突起部分の形も歪んでいた。そこでやすりやカッターを用いてのサイズの調整を試みた。ブロックの突起部分はやすりで削ったことにより他のブロックにさし込むことができるようになった。しかし、ブロックの側面の穴の部分の調整では、穴の大きさよりも2回りほど削る必要があったが、削る部分が多く、時間がかかってしまいそうであったため、小さく出力されてしまった穴の大きさを大きくしたデータを作成し、そのデータを再び3Dプリンタでの出力することにした。出力されたブロックの穴に既存のブロックをさし込むことを試みたところ、多少穴が小さかった。そこでやすりとカッターで削った。その結果、すべての穴にブロックをさし込むことができるようになった。

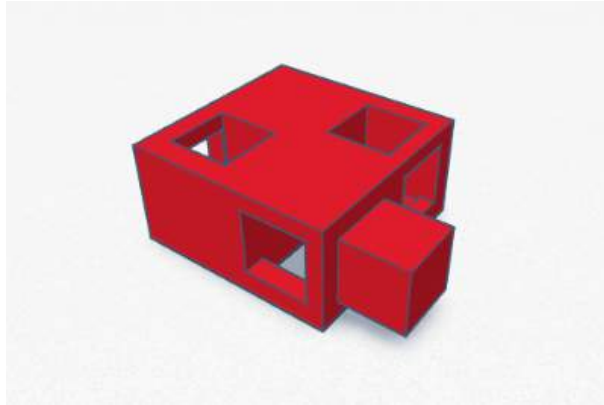


図3 出力した既存ブロックの3Dデータ

次に、上記で述べたパーツの半分のサイズである、高さ2マス×幅1マス×奥行1マスで他のブロックにさしこむ突起が1つついているブロックを制作することにした。既存のブロックの半分のサイズのブロックを使用することで、流線形などの表現がしやすくなるのではないかと考えた。このブロックの3Dモデル制作もTinkercadを使用した。また、3Dモデルのデータは上記のブロックのものを再利用し、右半分を取り除いて制作した。出力した3Dモデルのデータは図4である。出力にかかった時間は10分ほどであった。出力したのを見てみると、上記のブロックの時と同じように、穴が縮んでしまい、多少小さくなってしまっていたためやすりとカッターで削った。上記のブロックと今回出力したパーツの穴が縮んでしまった部分を見ると、どちらのパーツでも出力された際に上を向いている面の穴が縮んでいることが分かった。

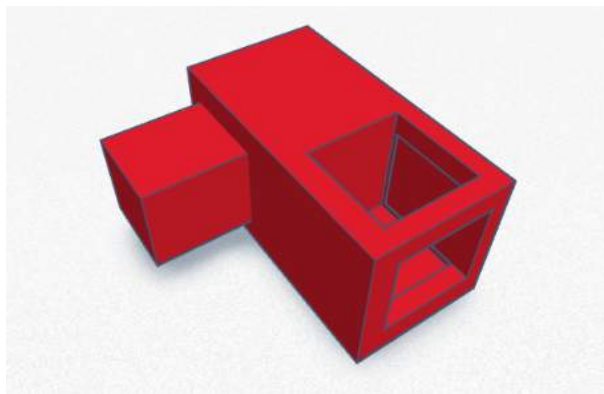


図4 出力した右半分を取り除いたブロックの3Dデータ

出力したブロックは以下の図5のとおりである。ブロックを出力するとやすりやカッターでの微調整が必要になってくるので、実際に小学生が出力しカッターで調整を行う場合にケガをしまう可能性が大きいと判断し、既存のブロックのように穴が複数ある形のパーツは制作しない方針になった。

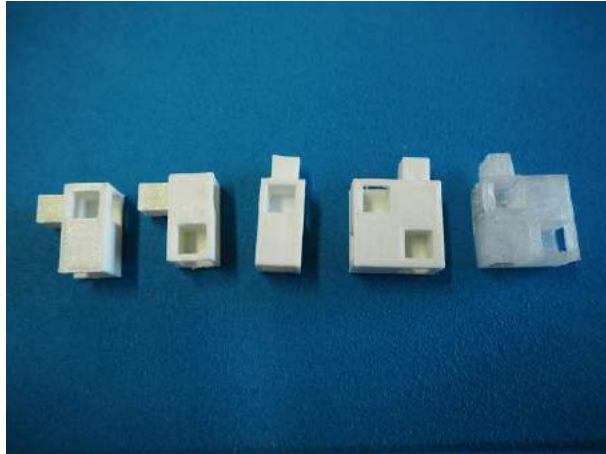


図5 出力したブロック

(*文責：松本恵渚)

3.1.2 目のパーツの制作

教材の分析を行った際に、動物がモチーフになっている制作物も、図6のように既存の目のブロックによって怖い印象を持つものがあるという意見が出たことに着目し、目のパーツを追加ブロックとして制作することになった。目のパーツの3Dモデルはブロックの時と同じくTinkercadを使用した。ブロックの出力を実際に行ったことで、他のブロックをさし込む穴があるブロックの出力は難しいことが分かったが、他のブロックにさし込む部分の出力は問題がなかったため、既存のブロックにさし込むだけのパーツを制作することとなった。そこで上記のブロックの他にさし込む部分に半球をとりつけて目のパーツを制作した。また、既存の目のブロックを使用すると、怖く感じてしまう原因は白目の部分だと考え、黒目だけのパーツを制作することにした。まず初めに、既存の目のブロックの黒目の部分と同じ大きさである直径1cmで黒目のパーツを制作した。3Dプリンタで出力したところ、所要時間は10分ほどであった。ブロックを出力した時ほどの大きな形のゆがみはなく、多少とがってしまった部分をやすりで削るだけで形の調整を終えることができた。実際に制作したパーツを使用した際の印象を確かめるため、ブロックで狐を制作し、目を取り付けた。その結果、怖い印象は取り除くことができたが、黒目部分のサイズが大きかったため隣のブロックの穴に被ってしまい、被ってしまった穴に他のブロックをさし込むことができなくなってしまうという問題が発生した。そこで、他のブロックに被らないように目のサイズを小さくすることになり、目の直径を4.5mm程に小さくしたものを制作した。このパーツの出力に要した時間は先ほどと同様に10分程度であった。出力した目のパーツは以下の図7である。また、実際に取り付けたものが図8である。今回使用した3Dプリンタのフィラメントは白色であったため、目の部分だけ黒色のペンで塗り、黒目を表現した。このパーツは他のブロックに被ることもなく、印象も改善することができた。

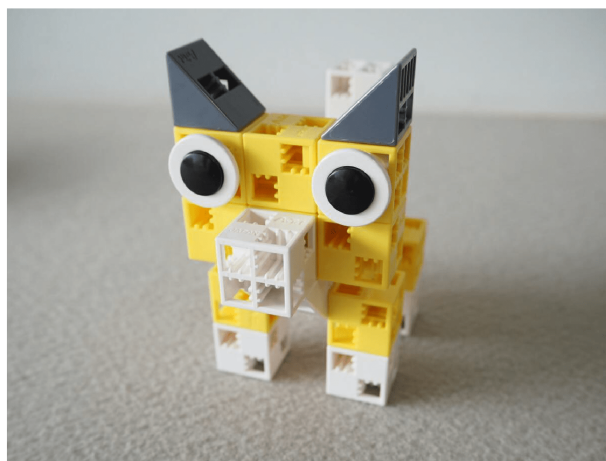


図6 既存の目のパーツをつけた狐



図7 3Dプリンタで出力した目のパーツ

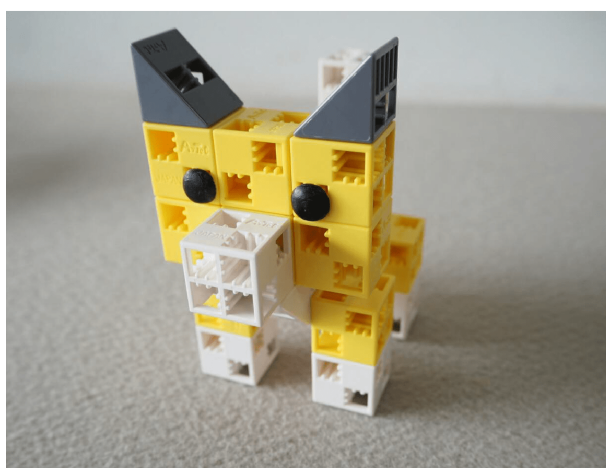


図8 出力した目のパーツをつけた狐

(*文責: 松本恵渚)

3.2 カメレオンの制作

既存の教材を分析した結果、ブロックでの制作物が機械系に偏っているという問題点が挙げられた。このことより、今回制作する教材では動物をモチーフとして制作することにした。また、既存の教材で

は LED のパーツが使用されていたのが信号機の回だけであったことから、LED のパーツを使用することにした。教材に含まれている 3 色の LED を使うことによって、光の混色を学ばせることができないかと考えたため、教材で学ぶテーマは光の混色とした。そこで色が変化する動物を考え、カメレオンを制作することに決定した。

(*文責：松本恵渚)

3.2.1 部品の選定

変数の復習をさせるカメレオンの制作にあたって、最初に既存のパーツであるフォトリフレクタと赤・青・緑の三色の LED を使用してプロトタイプを制作した。これはもともとにキットに色を判断するセンサがなかったため、明暗を判断して色が切り替わるような機構にした。次に、発展させたカメレオンではカラーセンサと赤・青・緑の三色の LED を用いた。色を読み取り、3 色の LED で色を再現する動きをさせたかったため、カラーセンサを使用した。このカラーセンサはももとのキットには入っていなかったが、別売りで対応パーツがあったので、そちらを使用した。また、色を再現するには赤・青・緑の三色の LED よりもフルカラー LED のほうがふさわしいと考えたが、フルカラー LED の対応パーツが販売されていなかった。新しく、フルカラー LED のパーツの制作も考えたが公式の対応パーツを用いて組み立てた方が汎用性があると考え、赤・青・緑の三色の LED を使うことに決定した。しかし、既存の LED パーツを使用すると、光の色がうまく混ざらずに読み取った色を再現できなかったため、色を混ぜるためのパーツの制作が必要となった。

(*文責：佐々木月)

3.2.2 カメレオンの組み立て

カメレオンをモチーフとして制作することが決定し、ブロックの組み方を 1 から考えることになった。既存の教材の動物がモチーフになっている回を振り返ると、角張っているものが多く、動物として見ると不自然なものが多かった。そこで、カガク班が作るカメレオンではできるだけ身体の曲線を表現するという目標を立て、ブロックの組み立てに取り掛かった。組み立てはカメレオンの写真を参考にして行った。実際に組み立てを行ってみると、ブロックをさし込みたい場所に穴がないことが多く、ブロックの組み立て方が制約されることが分かった。また、同じブロックを使用しても向きを間違えると同じように組み立てることができないことも分かった。レゴブロックのように、どこにでもブロックを取り付けられる形ではないため、自分で作りたいものを組み立てるときの難易度はレゴブロックより高いと考えられた。

最初に制作されたプロトタイプは図 9 である。この時組み立てたカメレオンは、実際のカメレオンの頭から背中にかけての曲線をブロックで表現することに注力した。また、目のブロックは既存の目のブロックと我々が制作した追加の目のパーツを取り付け、どちらを使用するか吟味した。その結果、既存の目のブロックのほうがカメレオンのぎよるぎよるした目に近いと判断し、既存のブロックを使うことにした。しかし、このカメレオンでは以下の 2 点の問題点が挙げられた。1 点目は使用している LED が 1 色のみであるという点である。2 点目は LED の光が見えづらいという点である。3 色の LED を使用し、光る色を見せるという目的があったため、この問題点を解決する必要があった。

続いて制作したプロトタイプが図 10 である。胴体に使用しているブロックを透明な立方体のブロックに変更し、頭から背中の曲線をできるだけ維持しつつ、胴体の LED のパーツを 3 つに増やした。LED は胴体の部分に図 11 のように取り付けた。すべての部分を透明なブロックで制作するという案も考えられたが、透明なブロックが立方体のブロックしか存在せず、立方体のブロックだけでは曲線を表現しようとする膨大な数が必要になると考え断念した。また、既存のパーツの透明なもの

を3Dプリンタで出力する方法もあったが、3.1で述べたように組み立てを行えるブロックの出力は難しいことから断念した。

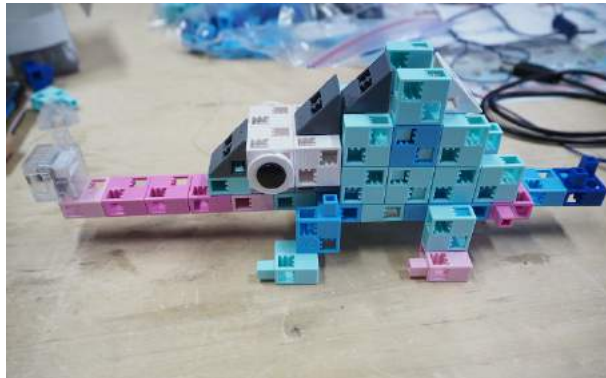


図9 最初に制作したカメレオン

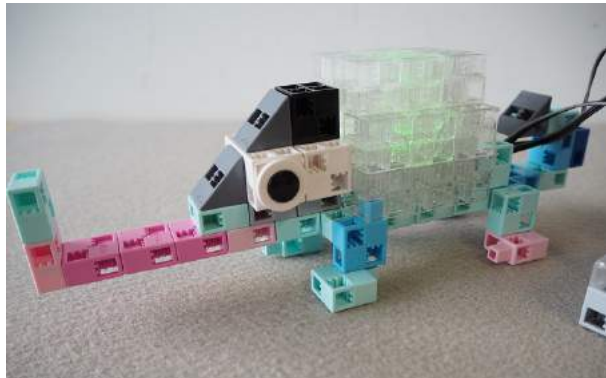


図10 背中を透明ブロックにしたカメレオン

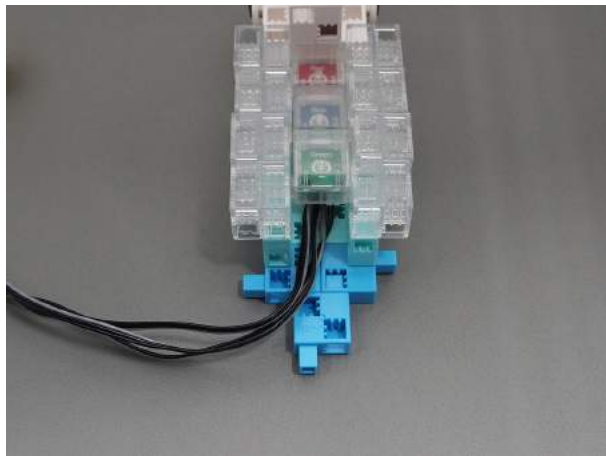


図11 3つのLEDを取り付けたカメレオンの背中

次にブロックの組みなおしを行った。その結果が図12である。上記のプロトタイプでは、形を表現することを優先したため、使用しているブロックやブロックの組み方がバラバラであり、場所によってブロックの突起が見えてしまっていた。これでは組み立て方の説明がしづらく見た目も悪いので、ここで一度ブロックを組みなおすこととした。組みなおしの際には以下の2点を軸とした。1点目はできるだけブロックの組み方をパターン化することである。これは後々テキストを制作する際に説明を単純化し、わかりやすくするためである。2点目は色をそろえることである。プロトタイプでは薄い水色のブロックまとまりの中に一つだけ濃い水色のブロックが混じるなど、見た目を損ねてしまっ

いたので単純化も兼ねて色をそろえることにした。一番大きな変更があった部分は胴体の下の部分である。この部分は先ほど述べた薄い水色のブロックのまとまりの中に一つだけ濃い水色ブロックが混じっていた部分である。薄い水色と濃い水色のブロックでは形状が異なるため、ブロックを組み替え、同じ形・同じ穴の位置にすることに時間を要した。

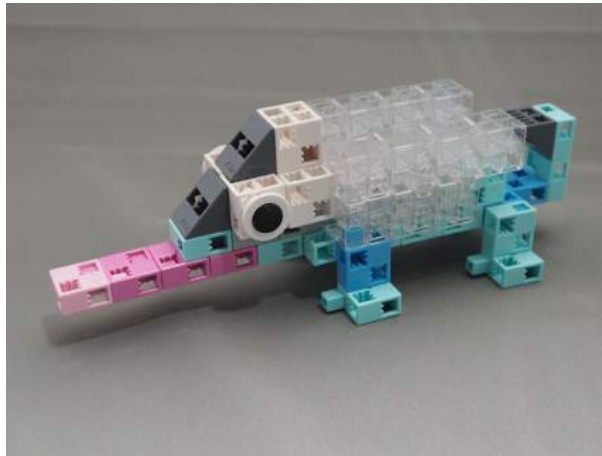


図 12 ブロックを組みなおしたカメレオン

(*文責：松本恵渚)

3.2.3 混色パーツの制作

混色パーツが必要になったことからまずは混色パーツの目標を考えた。そこで「3色の光を混色させる」「カメレオンの背中に近い形にする」の2点が挙げられた。

初めに「3色の光を混色させる」ために形と素材の検討をした。まずは素材から検討した。初めは様々な素材をカメレオンの背中部分に乗せ、LEDの光がうまく混色できているか確認した。素材は入手がしやすいもの限定し、紙、アクリル板、教材の透明ブロックの3つを試すことにした。その結果、どれもうまく光を混色させることはできなかった。そこで光の混色の実験をしているサイトを探し、どのように光を混色させているのか見ることにした。その結果3色LEDライトを使っているものが多く、その次に紙コップにLEDを入れて使っているものが多かった。3色LEDライトを作るとなるとカメレオンにうまく組み込むことが困難であると考えた。そこで紙コップのような紙を素材とすることにした。次に形の検討をした。初めは紙コップに似た深めの紙皿に3つのLEDをいれて使用してみた。その結果、紙コップに似ていても色をうまく混ぜることができなかった。そこで紙を様々な形にし、光の混色がうまくいくものを探すことにした。その結果、円錐の先端がうまく混色できていることがわかった。しかし紙だと壊れやすく、形が崩れやすいという問題点が新たに挙げられた。そこでこの円錐の形を3Dプリンタで出力してみることにした。出来上がったものと光を混色させたものが図13と図14である。強度は紙よりも断然よくなり、円錐の先端を見てみると、光も問題なくきれいに混色させることができた。よって、素材を紙からフィラメントに変えることにした。しかしこの円錐をカメレオンの背中に乗せてみると高さが高すぎた。また、2色ずつしか混色ができなかった。私たちは、紙からフィラメントにしても混色がうまくいったことから、下の方が広く上の方が狭くなっていることで光の混色がうまくいくのではないかと考えた。そこで円の直径はそのままで高さを半分にした円錐でもうまく光の混色ができるかを確認することにした。3Dプリンタで出力したものと光を混色したものが図15と図16である。図16の通り高さが半分になっても円錐の先端は光の混色がうまくいった。これらの点から下が広く上が狭くなっていれば光の混色がうまくいくということ

がわかった.



図 13 3D プリンタで出力した円錐

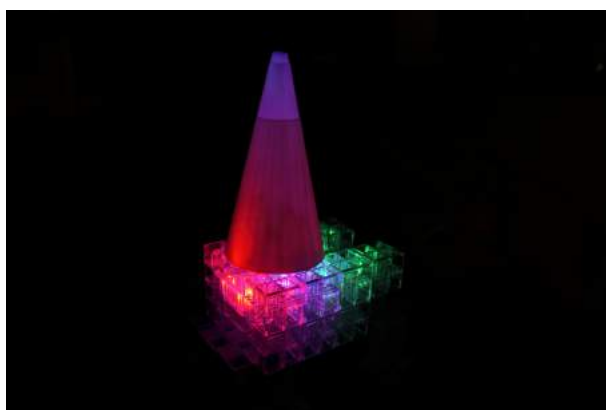


図 14 赤と青の光を混色させた円錐



図 15 高さを低くした円錐



図 16 赤と青の光を混色させた円錐

次に「カメレオンの背中に近い形にする」ために実物のカメレオンの写真を見てみた。その結果カメレオンの背中は曲線になっていることを確認した。そこで円錐を横に引き伸ばした形のものを 3D プリンタで出力することにした。出来上がったものとそれをカメレオンに乗せたものが図 17 と図 18 である。図 18 のようにカメレオンの曲線をうまく表現できたと考えた。そこでカメレオンの背中に乗せた状態で光の混色がうまくいくか調べることにした。その結果が図 19 である。図 19 の通り、光が分離し、先端が青色がそのまま出てしまっていた。このことから円錐の形はできるだけそのまま横に引き伸ばしたりしない方がよいのではないかと考えた。

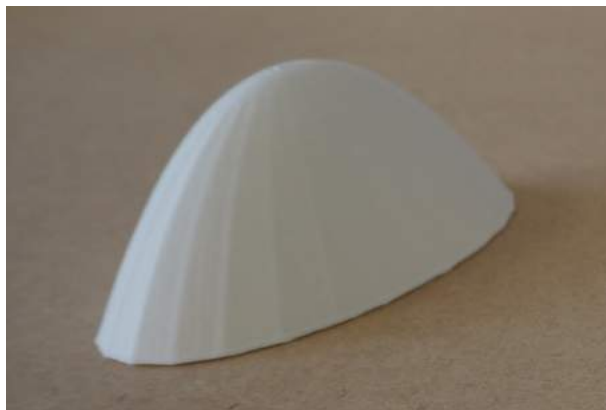


図 17 円錐を横に引き伸ばして 3D プリンタで出力したもの

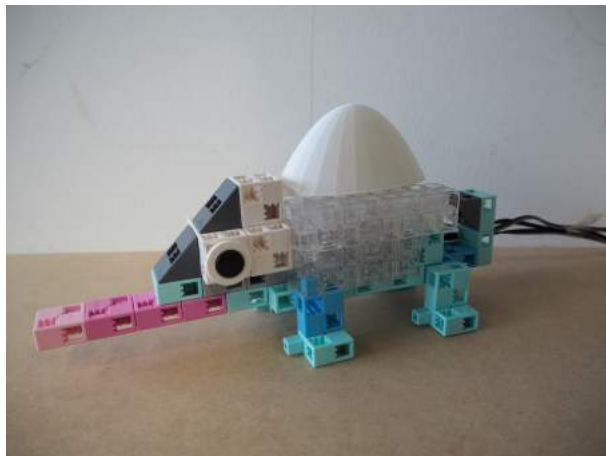


図 18 カメレオンの背中に乗せたもの

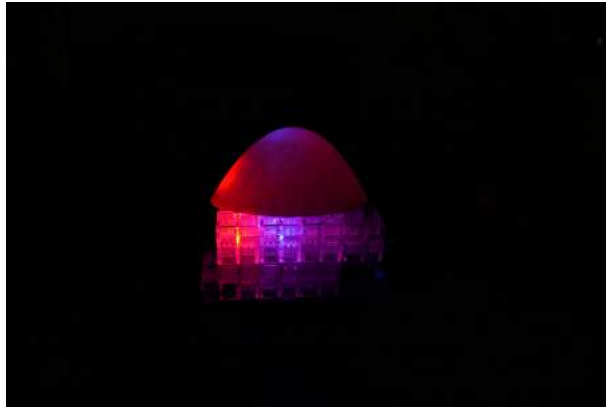


図 19 赤と青の光を混色させたもの

これらの制作事例から混色がうまくいった円錐の周りに肉付けしたような形にすることで光の混色と外見を共に両立できるのではないかと考えた。しかしいきなり形状をモデリングするのは困難であることと、3D プリンタでの出力が3時間近くかかってしまうことから、紙粘土を使って形の決定をすることにした。紙粘土でモデリングした混色パーツが図 20 である。下部の穴の部分を背中全体に広げ、背中中の曲線をうまく表現できるようにした。しかし紙粘土なので光がうまく通らず、うまく混色できるかわからなかった。そこで 3D モデリングを行い、3D プリンタで出力した。出来上がったものとそれをカメレオンに乗せたものが図 21 と図 22 である。見た目としては今までで一番カメレオンの背中に近いものができたと思われる。そこでうまく混色できるか見た結果が図 23 である。図 18 の通り光の混色にも問題がなく、初めの円錐は 2 色ずつしか混色できなかったが今回は下部の穴を広くしたことで、3 色同時に混色させることができた。その結果 3 色同時につけてみると図 19 のようになった。図 24 の通り 3 色を混ぜた白色をうまく表現することができた。また、カメレオンの頭の部分にピッタリくっつくように前の方をまっすぐにした。これにより、最も混色がうまくいく場所にしっかりと配置できるようになった。よって混色パーツはこの形状にすることとなった。



図 20 紙粘土でモデリングしたもの

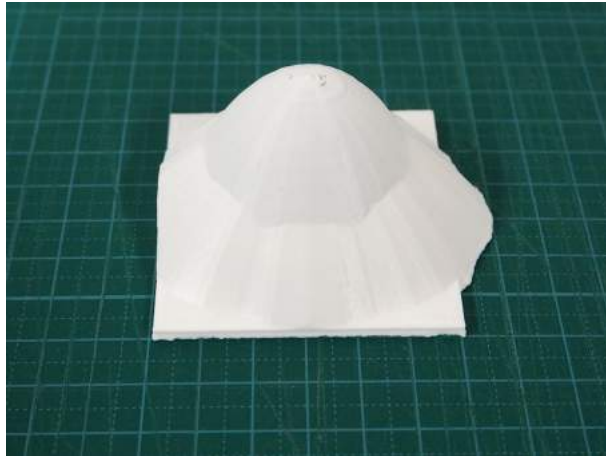


図 21 紙粘土のモデリングを参考にして 3D プリンタで出力したもの

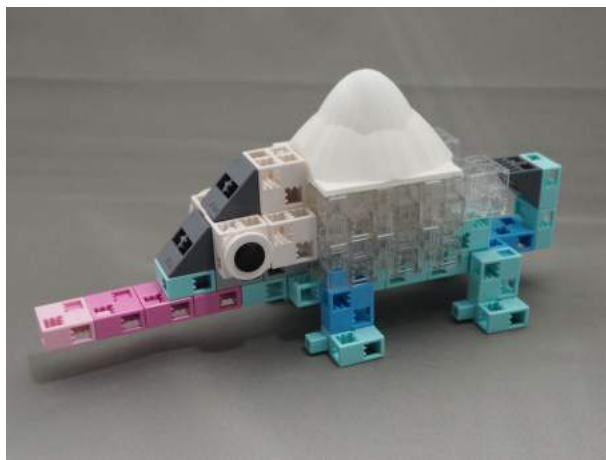


図 22 カメレオンの背中に乗せたもの



図 23 赤と青の光を混色させたもの



図 24 赤と青と緑の光を混色させたもの

(*文責：若本麻央)

3.3 プログラムの考案

カメレオンの身体の色が変わる動きを実装するにあたり、フォトリフレクタを用いたプログラムとカラーセンサを用いたプログラムをそれぞれ制作した。

(*文責：松本恵渚)

3.3.1 フォトリフレクタのプログラム

初めに、教材に含まれている Studuino というマイコンボードとフォトリフレクタを用いてカメレオンの色の変化を表現することになった。使用したプログラミング環境は、Studuino のブロックプログラミング環境であった。LED で表現する色は赤・緑・青の 3 色のみとして、プログラムの実装を行った。当初の予定では 3 色のブロックをセンサにかざすとそのブロックと同じ色の LED が点灯するプログラムを制作する予定であった。しかし、フォトリフレクタは明暗の値を受け取るセンサのため、3 色のブロックをセンサにかざしても値に大きな変化が見られず、しきい値の設定が難しいことが分かった。そこでセンサにかざすブロックをセンサが受け取る値の差が大きい白色と青色のブロック 2 色に減らすことにした。また、使用するブロックが 2 色に減ると点灯する色も 2 色に減ってしまうことから、センサに何もかざしていない状態でも LED を点灯させることにした。このとき点灯する色の設定として、何もかざしていない状態は緑色、青色のブロックをかざしたときは青色、白色のブロックをかざすときは赤色とした。センサに何もかざしていない状態はカメレオンが体の色を変えていない状態であるので、カメレオンの体の色である緑色とした。今回制作する教材では、変数の復習コンテンツを制作するという目標であったので、変数を使用したプログラムを制作した。プログラムの制作では Studuino のブロックプログラミング環境 Ver1 を使用した。フォトリフレクタが受け取った値を一度変数に格納し、その変数が各しきい値に含まれるかどうかを if 文で判断し、LED を点灯させるといったプログラムになっている。

(*文責：松本恵渚)

3.3.2 カラーセンサのプログラム

フォトリフレクタのプログラムでは以下のような問題点があった。1 点目が表現できる色が 3 色のみであること、2 点目が白色のブロックに対応して点灯する LED が赤色であるのでリアリティにか

けることである。

そこで、センサにかざした色と同じように LED を点灯させたいと考え、カラーセンサを用いたプログラムを制作することにした。カラーセンサは教材に含まれていなかったため、新たに購入した。購入したセンサは図 25 である。プログラミング環境は、フォトリフレクタの時と同様に、Studuino のブロックプログラミング環境を使用した。このソフトウェアでは、カラーセンサが検知した RGB の値から自動的に色を判断する。そして、その色の名をソフトウェア上で見ることができる。当初はその色の名前に応じて点灯する LED を変えるというプログラムにする予定であったが、見られる色が赤、青、緑、黒、白、茶色のみであり色が少なかったため、この機能は使えないと判断した。カラーセンサの RGB の各値を変数に格納するというような操作はできたので、3つの変数に RGB のそれぞれの値を格納しその値と同じように LED を点灯させるというプログラムにする方針となった。しかし、このソフトウェアは LED の PWM 出力に対応しておらず、カラーセンサの受け取った値と同じ値で点灯させることは無理であった。

そこで、Studuino は Arduino IDE と互換があったので、Arduino IDE でカラーセンサの値と同じ値で点灯する LED のプログラムを実装することにした。Arduino IDE でプログラムを実装するにあたって、ハードウェア設定ファイルの追加と Studuino 用のライブラリのダウンロードを行った。プログラム自体は関数リファレンスを読むことで実装できたが、実行するとライブラリがないというエラーが表示されるというトラブルがあった。これは公式サイトに掲載されている Studuino ライブラリセットが古いものであったことが原因であった。この問題は、開発元に問い合わせをして新たなライブラリセットをいただいたことで解決した。

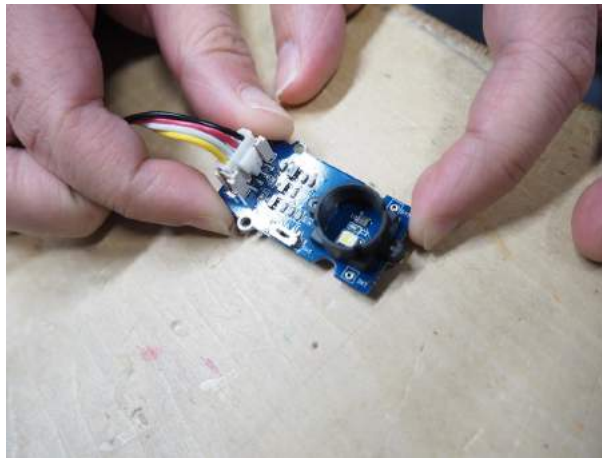


図 25 購入したカラーセンサ

(*文責：松本恵渚)

3.4 テキストの制作

テキストを制作するにあたって、もののしくみ研究室のテキストを分析した。分析した結果、以下の通りになっていた。

- ・制作物の説明
- ・簡単な制作やプログラミング
- ・最終成果物につながるもの
- ・最終成果物

具体的に developer コース第一回の信号機を当てはめると、

- ・歩行者用信号機の説明
- ・LED のプログラミングと信号機の形にブロックを組み立て
- ・押しボタンとしてタッチセンサーの搭載
- ・ブザーが鳴り信号が切り替えを行う

という流れとなっている。この分析結果に基づいてカガク班のテキストの構成を決定した。制作した教材は、以下の構成にした。

- ・光の混色の説明
- ・混色の実験
- ・フォトリフレクタのカメレオンの制作
- ・カラーセンサのカメレオンの制作

まず、導入の光の混色の説明では光の混色がディスプレイなど身近なものに使われていること、よく見かける絵の具の混ざり方とは異なることを記載した。既存のテキストでも制作物が作られた理由や、トリビアなどが記載されていたため参考にした。次に混色の実験では、赤・青・緑の三色の LED を使用し赤色と青色を混ぜたら何色になるかなど簡単な実験を入れた。これは導入部分の理解をより深めてもらうことを目的としている。次に、カメレオンのブロックの組み立てについて記載した。ここでは自分たちが既存の教材で組み立て時に分かりづらかった以下の 2 点についてカガク班の教材に反映した。

- ・ブロックをどこに差せばよいのかが写真だけでは見づらい
- ・使うブロックの種類と個数が記載されていない

1 つ目は組み立て時の図解について写真を切り抜くことで差し込みを分かりやすくした。2 つ目はブロックを図解して種類と個数を表示することで、組み立てがスムーズにいくようにした。この先のプログラミングの部分と最終成果物の作成はまだ完了していないため、今後の課題として制作していきたい。なお、現時点で作成したテキストについては付録に URL を記載した。

(*文責：佐々木月)

4 まとめ

4.1 各メンバーの働き

- 松本恵渚 (グループリーダー)
 - (1) 班の活動が遅れないよう、スケジュールの管理やタスクの割り振りを行った。
 - (2) 追加パーツの制作では、出力されたパーツの微調整を行った。
 - (3) カメレオンのブロックの組み立てでは、見た目の検討や、ブロックの組み方の検討を行った。
 - (4) カラーセンサを用いたプログラムの制作では、Arduino IDE を用いてセンサが受け取った値と同じように LED が光るプログラムを制作した。
 - (5) テキストの制作では、ブロックでのカメレオンを組み立て方の説明ページの制作を担当した。制作では illustrator を使用した。

(*文責: 松本恵渚)

- 若本麻央 (議事録係)
 - (1) 班内での活動や、プロジェクト内での活動を議事録として記録した。また、先生方のアドバイスなどの細かいことも記録し、次の活動にいかせるようにした。
 - (2) 既存ブロックの 3D モデルづくりと 3D プリンタでの出力を行った。
 - (3) 混色パーツの制作を行った。
 - (4) 教材体験時、ブロックの組み立てとプログラムの作成をし、教材分析を行った。
 - (5) フォトリフレクタを使用するカメレオンのプログラム考案をした。
 - (6) テキスト添削を行った。

(*文責: 若本麻央)

- 佐々木月 (写真記録係)
 - (1) 活動の記録と制作物の記録を写真と動画で記録した。
 - (2) 目のパーツの 3D モデルづくりと 3D プリンタでの出力を行った。
 - (3) 教材体験時、プログラムの作成を行った。また、教材の分析も行った。
 - (4) 既存の教材を分析し、カガク班のテキスト構成を考案した。
 - (5) カガク班のテキストの導入部分と混色の実験部分の制作を行った。
 - (6) テキストに使用する画像の撮影と加工を行った。

(*文責: 佐々木月)

4.2 まとめ

今回カガク班ではもののしくみを理解するための教育コンテンツの提供を目標として活動してきた。それにあたって、学研「もののしくみ研究室」と連携し、専門家の作った教材の分析、ファブ技術を用いた拡張を試みた。そのために「装飾パーツの制作」「光の混色をテーマとしたコンテンツの制作」「動物をモチーフにしたコンテンツの制作」「変数の復習コンテンツの制作」「見やすくわかりやすい教材の制作」の 5 つを行った。

まず「装飾パーツの制作」では、既存の目のパーツでは制作物によっては怖くなってしまうことに着目し、1 つ目の制作物として目のパーツを制作することに決定した。目のパーツの 3D モデルは

Tinkercad で作成し、3D プリンタで出力した。その結果、見た目の印象を改善することができた。

2 つ目に「光の混色をテーマとしたコンテンツの制作」では、先ほどのフォトリフレクタをカラーセンサに変え、カラーセンサが受け取った値によって光る明るさが変わるようにした。それに伴い、光を混色させるためのパーツが必要となったため、混色パーツの制作を行った。このパーツによって光の混色の学習がよりよくできるようになったと考えられる。

3 つ目に「動物をモチーフにしたコンテンツの制作」では、初めに作りたい動物の候補を挙げた。次にカリキュラムの内容を振り返り、LED の色の変化を用いた回がなかったことから、制作物の動きとして LED の色の変化を用いることにした。候補に挙げていた動物のうち色の変化を用いるという条件を満たすものがカメレオンであったため、制作する動物はカメレオンとなった。

4 つ目に「変数の復習コンテンツの制作」では先ほどのカメレオンにフォトリフレクタを付け、明暗を判断し、光る LED の色が変わるものを制作した。フォトリフレクタに何も置かれていない時は緑色、それよりも明るい時 (白色のブロック) は赤色、暗い時 (青色のブロック) は青色が光るようにした。

最後に「見やすくわかりやすい教材の制作」では既存のテキストの分析を行い、改善点を探し、それをもとにオリジナルのテキストを制作した。使用するブロックをイラストで表現し、使用する個数を事前に示すことでスムーズにブロックの組み立てを行えるようにした。また、組み立てる際の見本の写真の背景を切り抜くことで組み立ての際に見にくい差し込む穴の位置をわかりやすくした。既存のテキストと比べてみると、わかりやすくなっていると思われる。



図 26 既存のテキスト

(引用：学研のものづくり研究室 Developer コース)

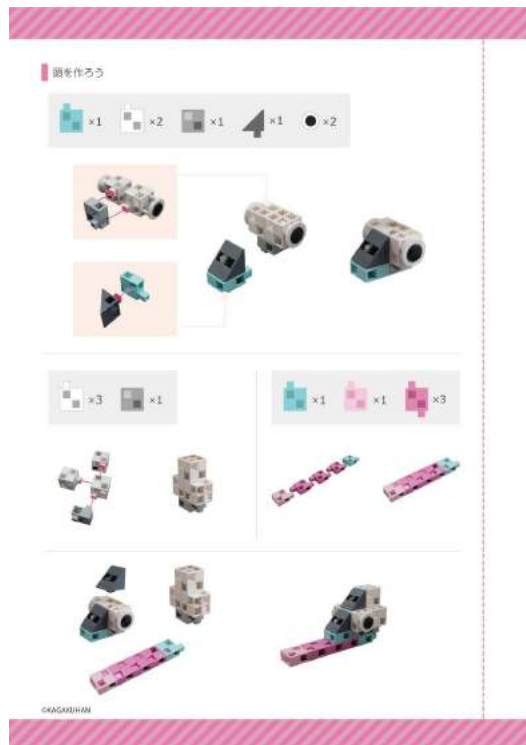


図 27 制作したテキスト

(*文責：若本麻央)

4.3 今後の課題

今後の課題は3つある。

1つ目は混色パーツを固定できるようにすることである。現在の混色パーツはカメレオンの背中に乗せるだけになっている。固定する場所はわかりやすいように頭の部分と密着するように制作をしたが、差し込むかはめられるようにし、固定できるようにしたいと考えている。

2つ目は混色させる際にカラーセンサで読み取るものの考案である。現在はカラーセンサで読み取るものに決まりがなく、学習が難しくなっている。そこで読み取る色をあらかじめ用意しておく必要があると考えている。あらかじめ用意しておくことで赤と青で紫になるということなどがわかりやすいと思われる。

3つ目はプログラム部分のテキストの作成である。現在は光の混色の実験とカメレオンのブロックの組み立ての方法の部分のみしかテキストが完成していないので、プログラムの部分のテキストの制作が必要である。また、プログラムのテキストを作る際にも学習がより簡単になるような工夫も必要だと思われるのでその部分の考案も必要だと考えられる。

以上の3点を今後の課題として活動し、解決するのが望ましいと考える。

(*文責：若本麻央)

5 参考文献

- [1] Studuino カラーセンサー取扱説明書 http://www.artec-kk.co.jp/studuino/docs/jp/Studuino_manual_colorsensor.pdf
- [2] Studuino ライブラリセット 環境設定手順書 http://www.artec-kk.co.jp/studuino/docs/jp/Studuino_library_setup_win.pdf
- [3] Studuino ライブラリ 関数リファレンス http://www.artec-kk.co.jp/studuino/docs/jp/Studuino_library_reference.pdf
- [4] 色のしくみ. 城一夫編著 (新星出版社, 2009)

6 付録

6.1 新規習得技術

CAD : CAD とはコンピュータを用いて設計をすることである。今回は Tinkercad を用いてブロックの 3D モデルを制作し、その過程で 3D モデルの制作手法を学んだ。

3D プリンタ : 立体物の出力ができるプリンタである。今回は 3D モデルを出力することに使用し、3D プリンタの使い方を学んだ。

(* 文責 : 松本恵渚)

6.2 活用した講義

講義名: センサ工学

活用内容 : 新たな制作物に使用するセンサの種類を選定の際に、講義で得た各種センサの知識を活用した。

(* 文責 : 松本恵渚)

6.3 制作したテキスト

光の色の合成

<https://drive.google.com/file/d/1BYraUs2CQqXfVNoKiPEvVuSPzg41M4xY/view?usp=sharing>

(* 文責 : 佐々木月)

6.4 相互評価

- 若本麻央に対するコメント

佐々木 : 話し合いの内容や重要な部分をすぐに議事録をとってくれていたの、振り返って作業するときにとっても助かった。3D の制作物などを時間外につくっていてくれて、プロジェクトの時間を有効に使うことができた。プロジェクト全体のスケジュールにも気を配っていた。

松本 : 話し合いの内容をすぐさま議事録を取ってくれた。作業の振り返りが必要になったときにとっても助かった。また、追加パーツのモデルを何パターンも作ってくれて、パーツの形の検討をスムーズにすることができた。また、私が忘れていたことをいつも教えてくれて助かった。

- 佐々木月に対するコメント

若本 : どんなときにも意見をしっかり出してくれた。今どうすればよいのかをしっかりと考えて、班の話し合いもプロジェクト全体での話し合いも積極的に参加していた。

松本 : ポスターなどの制作を積極的に行ってくれた。Illustrator が必要な作業も負担が偏らないように手伝ってくれた。全体のスケジュールも気にかけていて、グループリーダーにスケジュールについて声をかけたりしていた。

Fab da Vinci: Let' s Hack Science and Art!

- 松本恵渚に対するコメント

若本：リーダーとしてカガク班のまとめをしっかりとしてくれた。時間外の作業も積極的にやってくれて助かった。また、自分たちの班の状況を簡潔にプロジェクトのメンバーや先生方に伝えていた。

佐々木：教材の制作を時間外でも積極的に行ってくれた。ほかの班同士でフィードバックをしたり、話し合いをしたりするときに率先して的確なアドバイスを出していたのが印象的だった。グループリーダーとしてカガク班を引っ張って行ってくれた。